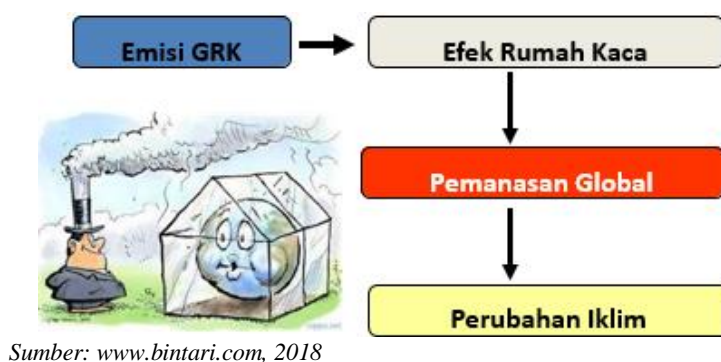


BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global dalam jangka panjang menjadi penyebab terjadinya perubahan iklim merupakan permasalahan lingkungan yang saat ini masih menjadi tantangan bagi dunia. Penyebab terjadinya pemanasan global dikarenakan oleh meningkatnya gas rumah kaca (GRK) di atmosfer bumi. Gas rumah kaca (GRK) yang menyebabkan terjadinya pemanasan global dapat ditimbulkan secara alami maupun dari kegiatan manusia (*anthropogenic*) (IPCC, 2007). Gas rumah kaca (GRK) akan bersifat sebagai insulator (penahan) sehingga panas matahari yang dipancarkan ke bumi akan tertahan. Proses tersebut dikenal sebagai fenomena Efek Rumah Kaca, dimana keseimbangan radiasi antara radiasi matahari yang masuk dan penyerapan radiasi inframerah yang dipancarkan kembali oleh atmosfer tertahan untuk ke luar angkasa sehingga meningkatkan pemanasan pada permukaan bumi (Anderson dkk., 2016). Berdasarkan proses tersebut, dapat disimpulkan bahwa gas rumah kaca (GRK) merupakan faktor utama terjadinya pemanasan global. Alur terjadinya pemanasan global dapat dilihat berdasarkan skema pada Gambar 1.1 dibawah ini.



Gambar 1.1 Alur Pemanasan Global

Konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer sebagai pemicu terjadinya pemanasan global akan terus meningkat apabila tidak dilakukan suatu upaya untuk mengurangi emisi GRK. Negara Indonesia berupaya memberikan kontribusi dengan menargetkan terjadinya penurunan

emisi GRK pada tahun 2030 yang disebut *Nationally Determined Contribution* (NDC) yang mencakup aksi mitigasi, adaptasi dan dukungan sumber daya (Budiharto dkk., 2017). Salah satu usaha dan komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi GRK yaitu dengan menetapkan Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dan Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional dalam pertemuan G-20 di Pittsburg untuk menurunkan emisi GRK sebesar 29% dengan usaha sendiri dan 41% dengan dukungan internasional (*Bussines As Usual*) pada tahun 2020.

Upaya penurunan emisi gas rumah kaca dibuat dalam suatu penyelenggaraan Inventarisasi GRK dan *Monitoring, Report, Verification* (MRV). Hal tersebut bertujuan untuk melaksanakan kegiatan penyelenggaraan, perolehan dan pemutakhiran data dan informasi emisi GRK secara periodik dari berbagai sumber emisi (*source*), serapan (*sink*), dan simpanan (*stock*). Berkaitan dengan hal tersebut, salah satu sumber emisi GRK berasal dari sektor pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya yang sering disebut sebagai sektor AFOLU (*agriculture, forestry, and other land uses*) (Boer dkk., 2012) atau juga yang secara umum dikenal dengan istilah penggunaan lahan, perubahan penggunaan lahan dan kehutanan (*Land use, land use change and forestry* (LULUCF)) (Isnan, 2018). Sehingga, dalam pelaksanaan kegiatan inventarisasi GRK salah satunya dapat dilakukan dengan mengestimasi emisi karbon dari sektor berbasis lahan.

Emisi GRK berbasis lahan berasal dari perubahan stok karbon (*carbon stock*) yang terdapat pada simpanan karbon pada suatu ekosistem lahan. Perubahan lahan menyebabkan terjadinya masalah yaitu hilangnya cadangan karbon hingga menyebabkan terjadinya peningkatan emisi GRK (Setiawan dkk., 2015). Hal ini terjadi karena adanya konversi lahan yang semula merupakan lahan vegetasi kemudian berubah menjadi lahan non vegetasi sesuai dengan kepentingan tertentu (Sadewo dan Buchori, 2018) sehingga mengurangi kemampuan lahan untuk menyerap emisi karbon. Perubahan ini yang kemudian mengakibatkan berubahnya cadangan karbon dari suatu perubahan lahan

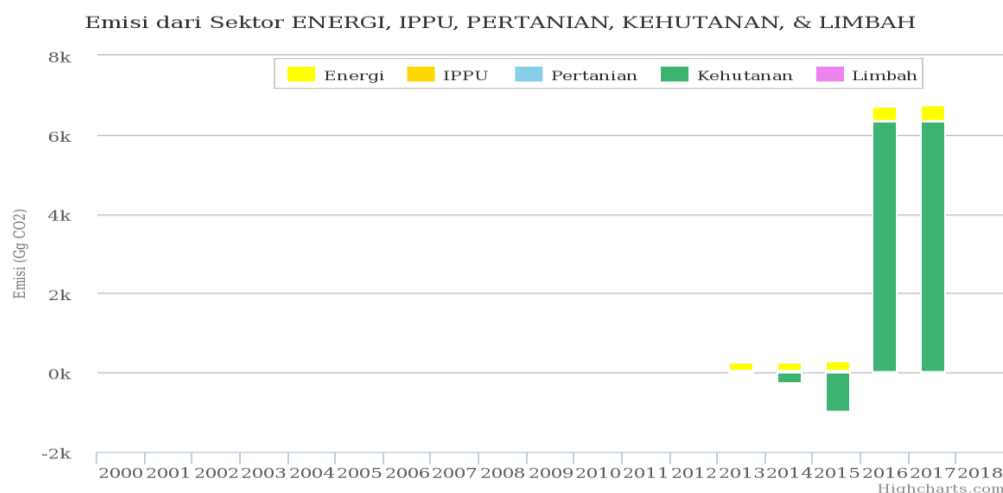
Penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Setiawan dkk. pada tahun 2015 di Kabupaten Bogor untuk mengestimasi hilangnya cadangan karbon dari perubahan tutupan lahan dengan pendekatan berbasis simpanan karbon (*Stock Difference Methode*) menunjukkan hasil bahwa pada tahun 2000 hingga 2014 terjadi perubahan tutupan lahan sebesar 11,12% dari total luas Kabupaten Bogor. Perubahan tutupan lahan tersebut menunjukkan perubahan emisi tahun 2000-2014 memiliki laju emisi yang berbeda. Total emisi tahunan paling besar Kabupaten Bogor yaitu pada periode tahun 2005-2009 sebesar 668,322.88 ton CO₂-eq/tahun, enam kali lipat dari total emisi tahun 2000-

2005. Hal ini dapat menjelaskan bahwa perubahan lahan dapat berpengaruh pada cadangan karbon yang sangat penting kaitannya terhadap pemanasan dan perubahan iklim global.

Pengaruh yang besar dari aktivitas perubahan lahan terhadap cadangan karbon memerlukan kegiatan pengukuran atau perhitungan terhadap cadangan karbon yang tersimpan sebagai upaya untuk mengetahui besarnya cadangan karbon pada saat tertentu dan mengetahui besarnya cadangan apabila terjadi hal-hal yang berpengaruh pada penambahan atau pengurangan cadangan karbon (Wibowo dkk., 2013). Komponen cadangan karbon daratan salah satunya dapat dilihat dari cadangan karbon di atas permukaan tanah yang terdiri dari tanaman hidup (batang, cabang, daun, tanaman menjalar, tanaman epifit dan tumbuhan bawah) (Rahayu dan Lusiana, 2004). Biomassa di atas permukaan tanah pada area yang luas dapat diukur dengan menggunakan teknik penginderaan jauh (Lu dkk., 2004). Untuk memperhitungkan perubahan lahan serta memperhitungkan besarnya cadangan karbon yang tersimpan, teknologi citra satelit didukung oleh teknik penginderaan jauh yakni interpretasi dan analisis citra landsat kemudian dilakukan uji lapangan dapat mendukung kegiatan mengestimasi emisi karbon yang mana lokasi penelitian dilakukan di Kabupaten Kendal.

Kabupaten Kendal merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang mengalami perubahan tutupan lahan, terutama terjadi pada tutupan lahan dari lahan vegetasi kemudian beralih menjadi tutupan lahan terbangun. Pada tahun 2005 sampai 2017 terjadi konversi lahan pada wilayah analisa lima kecamatan sekitar Kawasan Industri Kendal yakni terjadinya peningkatan tertinggi pada luas permukiman sebesar 260,65 Ha dan terjadi penurunan tertinggi pada jenis tutupan lahan sawah irigasi sebesar 235,54 Ha (Sadewo dan Buchori, 2018).

Perubahan lahan juga akan memiliki dampak pada cadangan karbon di Kabupaten Kendal. Berdasarkan aplikasi *SIGN SMART* oleh Kementerian Lingkungan Hidup tentang emisi karbon dioksida (CO₂) Kabupaten Kendal yang bersumber dari sektor kehutanan yang termasuk dalam *AFOLU/LULUCF* menunjukkan perubahan emisi atau pelepasan GRK Kabupaten Kendal yang semakin meningkat, hingga pada tahun 2017 emisi karbon meningkat dengan nilai 6.304,24 ton CO₂e. Sebelumnya pada tahun 2014 hingga 2015, sektor kehutanan dapat melakukan penyerapan emisi yakni dengan nilai masing-masing -247,18 dan -979,00 ton CO₂e.



Gambar 1.2 Emisi CO2 Kabupaten Kendal

Perubahan tutupan lahan berpengaruh terhadap perubahan emisi karbon wilayah seperti yang terjadi di Kabupaten Kendal. Penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan untuk dapat mengestimasi berkurangnya cadangan karbon akibat perubahan tutupan lahan di Kabupaten Kendal pada tahun 2008; 2013 dan 2018.

1.2 Perumusan Masalah

Kabupaten Kendal memiliki luas wilayah 1.005,86 km² atau 100.586 Ha menurut Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Kendal tahun 2017. Kabupaten Kendal memiliki tutupan lahan dengan proporsi terluas adalah untuk lahan sawah yakni 250,79 km² atau 25,02 persen dari total luas Kabupaten Kendal. Selain itu, tutupan lahan lainnya seperti hutan memiliki luas 157,21 km² atau 15,69 persen dari total luas Kabupaten Kendal dan perkebunan memiliki luas 78,65 km² atau 7,85 persen. Menurut Perum Perhutani KPH Kendal dalam BPS Kabupaten Kendal Tahun 2018, mencatat luas hutan produksi tetap yakni sekitar 13.500 hektar yang terbagi menjadi 12 kecamatan di Kabupaten Kendal. Tutupan lahan lainnya berupa tanah tegalan 22,25 persen, lahan bukan pertanian 23,52 persen, dan lain-lain 5,67 persen. Tutupan lahan bervegetasi dapat dikatakan mencapai 48,56 persen meliputi lahan sawah, hutan dan perkebunan. Tutupan lahan tersebut memiliki peran penting terhadap penyerapan emisi karbon sebagai kontribusi pengurangan emisi GRK di Kabupaten Kendal.

Tutupan lahan sawah yang memiliki luas paling besar mengalami konversi lahan terutama di Kecamatan Kaliwungu, Brangsong dan Kecamatan Kota Kendal pada tahun 2010 sampai tahun 2014 sebesar 54,753 Ha (Septiofani dkk., 2016). Pada tahun 2005 sampai 2017 terjadi perubahan

tutupan lahan dengan adanya penambahan dan pengurangan pada tutupan lahan tertentu seperti terjadinya peningkatan tertinggi pada luas permukiman sebesar 260,65 Ha dan terjadi penurunan tertinggi pada jenis tutupan lahan sawah irigasi sebesar 235,54 Ha (Sadewo dan Buchori, 2018). Selain itu, pada tahun 2014 terjadi lahan kritis atau lahan yang tidak produktif di Kabupaten Kendal mencapai total 1,8 hektar dengan tidak terdapat pohon ataupun tanaman (Setiawan, 2014).

Konversi lahan yang terjadi di Kabupaten Kendal diprediksikan akan terus mengalami peningkatan terkait dengan kebijakan tata ruang yang mengarahkan pembangunan dan pengembangan wilayah Kabupaten Kendal sebagai kota industri yang berkelanjutan (menurut RTRW Kabupaten Kendal tahun 2011-2031). Kondisi ini dapat menyebabkan berkurangnya cadangan karbon, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang ***“Seberapa banyak perubahan cadangan karbon akibat perubahan tutupan lahan di Kabupaten Kendal ?”***

1.3 Tujuan dan Sasaran Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi perubahan jumlah cadangan karbon akibat perubahan tutupan lahan di Kabupaten Kendal pada tahun 2008; 2013 dan 2018.

1.3.2 Sasaran Penelitian

Adapun sasaran yang harus dilakukan guna mencapai tujuan tersebut, yakni :

1. Mengidentifikasi tutupan lahan Kabupaten Kendal tahun 2008; 2013 dan 2018.
2. Menganalisa perubahan tutupan lahan Kabupaten Kendal tahun 2008; 2013 dan 2018.
3. Menganalisa cadangan karbon Kabupaten Kendal tahun 2008; 2013 dan 2018.
4. Menganalisa perubahan cadangan karbon Kabupaten Kendal akibat perubahan tutupan lahan tahun 2008; 2013 dan 2018.
5. Merumuskan kesimpulan dan arahan rekomendasi.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

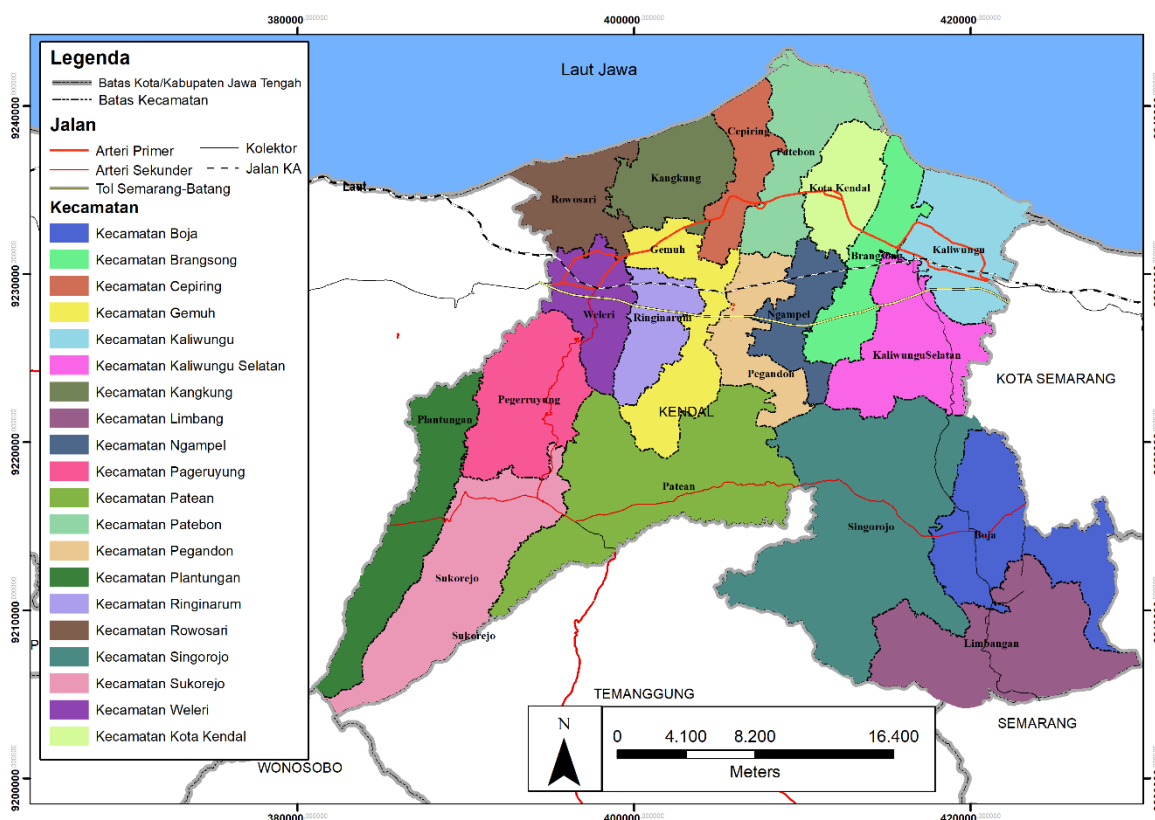
Ruang lingkup dalam penelitian ini mencakup ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup substansi. Berikut ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup substansi penelitian :

1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah penelitian dimaksudkan untuk memberikan batasan secara spasial terhadap kegiatan penelitian yang dilakukan. Wilayah penelitian meliputi semua tutupan atau tutupan lahan di Kabupaten Kendal. Posisi geografis Kabupaten Kendal terletak antara 109° 40' –

1100 18' Bujur Timur dan 60 32' – 70 24' Lintang Selatan. Berdasarkan data dari Dinas Pekerjaan Umum tahun 2017, luas wilayah Kabupaten Kendal adalah sebesar 1005,86 km² yang terdiri dari 20 kecamatan. Batas administrasi Kabupaten Kendal :

- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Timur : Kota Semarang
- Sebelah Selatan : Kabupaten Temanggung
- Sebelah Barat : Kabupaten Batang



Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Kab. Kendal, 2017

Gambar 1.3 Administrasi Kabupaten Kendal

1.4.2 Ruang Lingkup Materi

Ruang lingkup materi yang digunakan dimaksudkan sebagai dasar teori untuk memberikan batasan-batasan penelitian. Secara umum, penelitian untuk mengestimasi berkurangnya cadangan karbon akibat perubahan tutupan lahan memiliki dua komponen penting yaitu perubahan tutupan lahan dan cadangan karbon. Kegiatan penelitian dikaji dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Perubahan tutupan lahan Kabupaten Kendal yang dianalisa pada jenjang tahun 2008; 2013 dan 2018 dikaji dengan pengolahan citra satelit *time series*

Landsat 5 dan 8. Pengolahan citra didukung dengan teknik interpretasi citra satelit menggunakan klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*) dan dilakukan verifikasi lapangan dengan uji akurasi untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat.

Analisa perubahan tutupan lahan dengan pemanfaatan teknologi citra satelit juga didukung dengan ketetapan dari Dirjen Planologi tahun 2015 tentang Pemantauan Penutup Lahan agar dapat mendefinisikan tutupan lahan yang mendekati kebenaran sebelum dilakukan uji lapangan hingga mendapatkan tutupan lahan yang sesuai di lapangan. Selain itu, komponen yang juga penting adalah stok atau cadangan karbon. Stok karbon atau cadangan karbon dari suatu tutupan lahan dapat diketahui dengan mengacu pada ketetapan cadangan karbon dari setiap masing-masing tutupan lahan. Ketetapan cadangan karbon yang digunakan mengacu pada Pedoman Teknis Penghitungan Baseline Emisi Dan Serapan Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Lahan yang dapat dilihat pada Tabel 1.6.

1.5 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian yang ditampilkan dalam laporan penelitian ini dimaksudkan untuk menjaga orisinalitas penelitian yang dilakukan oleh penulis. Hal ini memerlukan suatu kegiatan membandingkan penelitian oleh penulis dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti. Penelitian-penelitian sebelumnya yang ditampilkan mungkin memiliki beberapa persamaan dan perbedaan. Sehingga, keaslian penelitian ini penting untuk menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian asli buatan penulis. Berikut ini merupakan beberapa penelitian yang disajikan pada Tabel 1.1 dibawah ini.

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

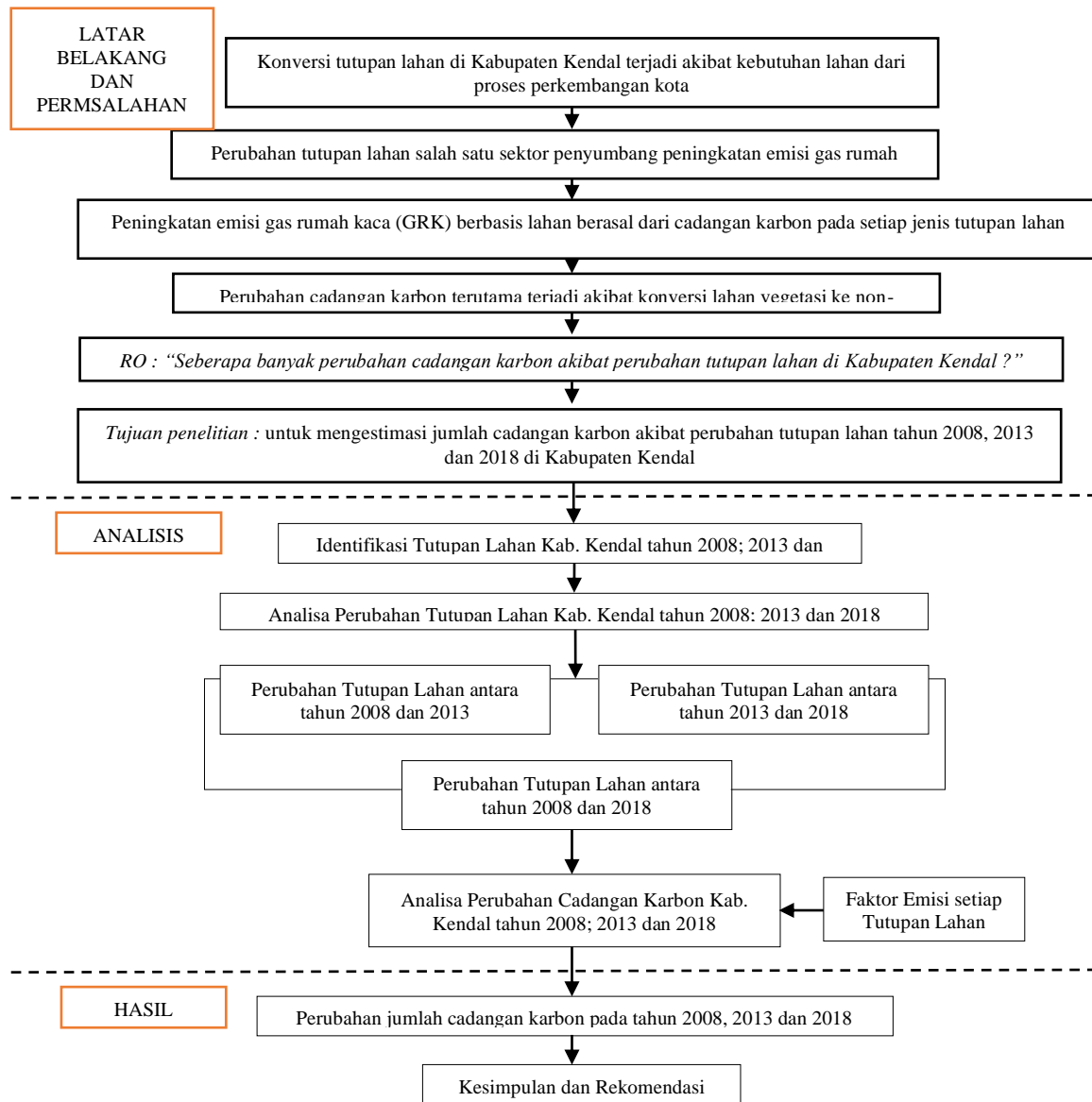
| No | Nama Peneliti | Judul Penelitian | Lokasi | Metode | Hasil |
|----|-----------------------|--|---------------------|---|---|
| 1. | (Setiawan dkk., 2015) | Estimasi Hilangnya Cadangan Karbon Dari Perubahan Penggunaan Lahan di Kabupaten Bogor | Kabupaten Bogor | Metode Klasifikasi Citra Terbimbing (<i>Supervised Classification</i>) Pendekatan berbasis simpanan (<i>Stock Difference Methode</i>) Pendugaan cadangan karbon di atas dan bawah permukaan | Perubahan penggunaan lahan Kabupaten Bogor menyebabkan perubahan laju emisi karbon |
| 2. | (Isnain, 2018) | Kebijakan Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca Dari Sektor Penggunaan Lahan dan Perubahan Tata Guna Lahan Kehutanan (LULUCF) | Nasional, Indonesia | Studi Literatur | Perlunya penyempurnaan kebijakan untuk mempermudah implementasi terkait persoalan yang dihadapi agar dapat menurunkan emisi GRK |
| 3. | (Wijaya) | Dinamika Perubahan | Kabupaten | kerangka analisa perubahan | Emisi karbon yang dikeluarkan |

| No | Nama Peneliti | Judul Penelitian | Lokasi | Metode | Hasil |
|----|----------------------------|--|-----------------------|--|---|
| | dkk., 2017) | Penggunaan/Tutupan Lahan serta Cadangan Karbon di Kabupaten Buol, Indonesia | Buol | dan trajektori penggunaan/ tutupan lahan (<i>Analysis of Land-Use/cover Changes and Trajectories dan ALUCT</i>) - <i>Rapid Carbon Stock Appraisal (RaCSA)</i> | jika terjadi perubahan penggunaan/ tutupan lahan dari hutan menjadi perkebunan kelapa sawit adalah tujuh kali lebih besar daripada ketika hutan berubah menjadi agroforestri kompleks. |
| 4. | (Sadewo dan Buchori, 2018) | Simulasi Perubahan Penggunaan Lahan Akibat Pembangunan Kawasan Industri Kendal (KIK) Berbasis <i>Cellular Automata</i> | Kendal Timur (KIK) | Pendekatan kuantitatif dengan basis spasio temporal | Model <i>cellular automata</i> mampu melakukan prediksi penggunaan lahan tahun 2031 di Kendal Timur dengan adanya pengaruh pembangunan KIK dengan tingkat akurasi model 95,68 %. |
| 5. | (Tao dkk, 2015) | <i>Effects Of Land Use And Cover Change On Terrestrial Carbon Stocks In Urbanized Areas: A Study From Changzhou, China</i> | Kota Changzhou, China | - Stok karbon dalam tutupan lahan terestrial diperkirakan menggunakan InVEST (Penilaian Terpadu Jasa Lingkungan dan Pengorbanan) - Klasifikasi citra dan Tes Kappa menggunakan peta historis penggunaan lahan | Penggunaan lahan perkotaan dan perubahan tutupan dan penutupan permukaan tanah menciptakan titik panas untuk hilangnya cadangan karbon. Total cadangan karbon di Changzhou menurun sekitar 30% selama 25 tahun terakhir, mewakili penurunan tahunan rata-rata 1,5%. |
| 6. | (Chen dkk, 2017) | <i>Land-Use-Change Induced Dynamics Of Carbon Stocks Of The Terrestrial Ecosystem In Pakistan</i> | Pakistan | - model Dynamics of Land System (DLS), mensimulasikan perubahan penggunaan lahan di masa depan - model Penilaian Layanan Lingkungan dan Pengorbanan (InVEST) Terpadu - Klasifikasi citra | Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap stok karbon menunjukkan hasil bahwa stok karbon di Pakistan menurun dalam periode tahun 2006 dan 2009, dimana masing-masing stok karbon pada tahun tersebut adalah 10,34 Tg C dan 9,49 Tg C. |
| 7. | (Permata, 2019) | <i>Estimasi Cadangan Karbon Akibat Perubahan Tutupan Lahan di Kabupaten Kendal</i> | Kabupaten Kendal | - Metode Klasifikasi Citra Terbimbing (<i>Supervised Classification-Maximum Likelihood</i>) - Overlay (<i>Intersect Overlay</i>) - Pendekatan berbasis simpanan (<i>Stock Difference Methode</i>) | Cadangan karbon Kabupaten Kendal selama 10 tahun terus mengalami penurunan. Pada periode tahun 2008-2018, terjadi perubahan cadangan karbon dengan total karbon sebesar -5.755.273,80 ton C/Ha. Keadaan ini diakibatkan karena tutupan lahan pada tahun 2008 memiliki total cadangan karbon lebih banyak dibandingkan dengan total cadangan karbon pada tahun 2018. 3. Besarnya total cadangan karbon yang tersimpan pada periode tahun tertentu selain dipengaruhi oleh konversi luas tutupan lahan, juga dipengaruhi oleh nilai ketetapan cadangan karbon tiap tutupan lahan. |

Sumber: Hasil Olah Penulis, 2019

1.6 Kerangka Pemikiran

Kerangka pikir ini merupakan alur tahapan penelitian yang dibuat untuk memberikan pemahaman tentang bagaimana peneliti memperoleh suatu permasalahan hingga menimbulkan ketertarikan dan sebab peneliti untuk melakukan penelitian. Ketertarikan tersebut melahirkan pertanyaan penelitian oleh peneliti sebagai dasar untuk melanjutkan proses penelitian yang lebih dalam. Peneliti kemudian menentukan tujuan penelitian sehingga penelitian dapat berjalan sesuai dengan arah yang dipikirkan oleh penulis. Kemudian terdapat bagian analisis sebagai proses dalam pengolahan maupun analisa data-data penelitian hingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut merupakan kerangka penelitian tentang estimasi cadangan karbon akibat perubahan tutupan lahan di Kabupaten Kendal dapat dilihat pada Gambar 1.4 di bawah ini.



Sumber: Hasil Analisa, 2019

Gambar 1.4 Kerangka Pikir

1.7 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini meliputi langkah-langkah baik teknis maupun non teknis yang harus dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

1.7.1 Metode Penelitian

Penelitian merupakan salah satu cara untuk dapat menyelesaikan masalah hingga dapat menarik suatu kesimpulan, pendapat atau mencari jawaban dari persoalan dengan langkah-langkah

secara ilmiah. Penelitian yang ilmiah harus menggunakan langkah-langkah yang sistematis sesuai prosedur, memiliki tujuan dan bersifat penyelidikan (Yusuf, 2014). Penelitian yang dilaksanakan memiliki sifat masalah dan objek yang berbeda sehingga penelitian memerlukan metode penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Metode penelitian merupakan suatu metode yang digunakan untuk memperoleh data secara ilmiah guna mencapai tujuan tertentu.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi berkurangnya cadangan karbon akibat perubahan tutupan lahan di Kabupaten Kendal sehingga metode penelitian yang akan digunakan adalah metode kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang banyak digunakan oleh para penelitian untuk mengetahui sesuatu secara terukur dengan hasil yang pasti. Metode kuantitatif adalah metode yang lebih menekankan pada aspek pengukuran secara obyektif terhadap suatu fenomena, fakta, sifat serta hubungan fenomena tertentu secara komprehensif dan integral (Sugiyono, 2010). Penelitian kuantitatif mengadakan eksplorasi lebih lanjut serta menemukan fakta dan menguji teori-teori yang timbul. Pada penelitian ini, metode kuantitatif digunakan untuk melakukan estimasi dan pengolahan data sekunder sehingga diperoleh hasil nilai estimasi perubahan cadangan karbon di wilayah penelitian.

1.7.2 Kebutuhan Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari hasil rekaman instrumen utama, narasumber, dan data langsung dari lapangan, sedangkan data sekunder ialah data yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara seperti internet, berita, surat kabar, dokumen, dan sebagainya. Data tersebut kemudian diolah sehingga dapat dilakukan analisa untuk menjawab pertanyaan penelitian yang ada. Dalam penelitian ini, kebutuhan data yang diperlukan adalah sebagai berikut.

Tabel 1.2 Kebutuhan Data Penelitian

| No | Kegunaan | Data | Jenis | Bentuk/ Format | Sumber |
|----|------------------------------------|--------------------------------|----------|-------------------|-----------------------|
| 1 | Mengetahui perubahan tutupan lahan | Citra Landsat 5 TM tahun 2008 | Sekunder | Citra | USGS |
| | | Citra Landsat 8 OLI tahun 2013 | Sekunder | Citra | USGS |
| | | Citra Landsat 8 OLI tahun 2018 | Sekunder | Citra | USGS |
| 2 | Mengetahui kondisi geografis | Peta administrasi | Sekunder | Shapefile | Dinas PUPR |
| 3 | Mengetahui kondisi fisik | Topografi | Sekunder | Shapefile | Bappeda |
| | | Klimatologi | Sekunder | Shapefile | Bappeda |
| | | Jenis Tanah | Sekunder | Shapefile | Bappeda |
| 4 | Mengetahui kondisi demografi | Jumlah Penduduk | Sekunder | Angka | Badan Pusat Statistik |

| No | Kegunaan | Data | Jenis | Bentuk/ Format | Sumber |
|----|---|----------------------------|----------|--------------------------|-----------------------|
| | | Kepadatan Penduduk | Sekunder | Angka | Badan Pusat Statistik |
| 5 | Mengetahui penggunaan lahan eksisting | Peta penggunaan lahan | Sekunder | Shapefile | Dinas PUPR |
| 6 | Mengetahui tingkat kebenaran penelitian | Titik sample tutupan lahan | Primer | Shapefile, Foto dan Teks | Survey Lapangan |

Sumber: Hasil Analisa, 2019

1.7.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan salah satu tahapan penting dalam sebuah kegiatan penelitian. Pengumpulan data dengan teknik yang tepat, akan menghasilkan sebuah informasi yang berguna dalam kegiatan penelitian. Berdasarkan sumbernya, teknik pengumpulan data terbagi menjadi dua jenis yaitu teknik pengumpulan data primer dan teknik pengumpulan data sekunder.

a. Teknik Pengumpulan Data Primer

Teknik pengumpulan data primer merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara langsung dari narasumber maupun dari hasil survey lapangan yang dilakukan oleh peneliti. Pada penelitian ini, pengumpulan data primer yaitu :

1. Data tutupan lahan hasil interpretasi citra Landsat Kabupaten Kendal tahun 2008; 2013 dan 2018.
2. Data lapangan (ground truth) untuk uji akurasi ketelitian.

Data primer tersebut merupakan data yang nantinya akan diolah menjadi data untuk melakukan estimasi karbon pada perubahan tutupan lahan yang terjadi di tahun 2008; 2013; dan 2018.

b. Teknik Pengumpulan Data Sekunder

Teknik pengumpulan data sekunder dilakukan dengan cara telaah dokumen. Telaah dokumen merupakan teknik pengumpulan data dengan menghimpun dan menganalisis dokumen-dokumen, baik dokumen tertulis, gambar (citra) maupun elektronik. Pada penelitian ini, telaah dokumen dilakukan untuk mendapatkan data berupa kondisi geografi, profil wilayah, dan algoritma maupun rumus rekam waktu citra dan algoritma maupun rumus yang digunakan untuk pengolahan data primer, serta pedoman atau referensi untuk menentukan variabel maupun koefisien pengolahan data primer.

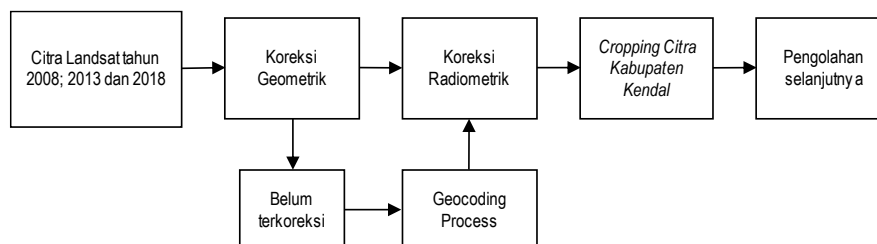
1.7.4 Teknik Analisis Data

Teknik analisis yang akan dijelaskan di bawah ini merupakan tahapan atau langkah-langkah yang akan dilakukan dalam mengolah berbagai data hingga mencapai hasil yang akan

digunakan dalam penelitian berdasarkan tujuan dan sasaran dalam penelitian. Teknik analisis penelitian ini secara terpisah dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Pengolahan Awal Citra

Untuk dapat mengetahui proses yang dilakukan pada tahap pengolahan awal citra, maka dapat melihat diagram kerja pada Gambar 1.5 di bawah ini.



Sumber: Hasil Analisa, 2019

Gambar 1.5 Diagram Kerja Pengolahan Awal Citra

Pengolahan awal citra ini terdiri dari langkah dalam melakukan koreksi citra yaitu Koreksi Radiometrik dan Koreksi Geometrik, kemudian yang dilanjutkan dengan *Cropping* citra dengan batas wilayah studi yang digunakan untuk penelitian.

- Koreksi Geometrik dan Radiometrik

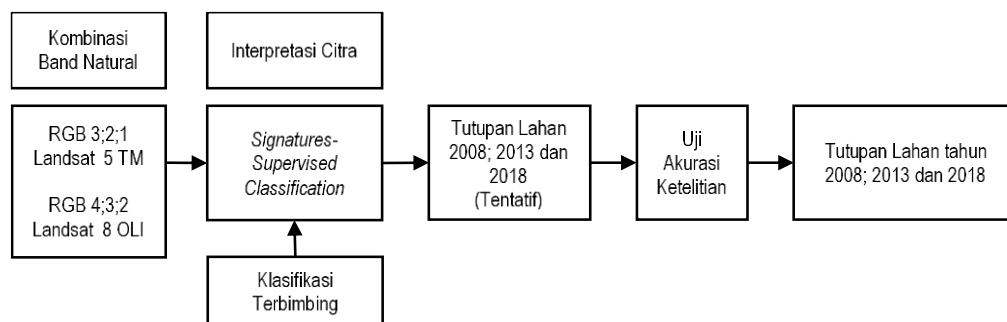
Koreksi geometrik dilakukan untuk memperbaiki posisi citra sesuai dengan keadaan geografis, sedangkan koreksi radiometrik digunakan untuk memperbaiki nilai piksel sehingga memberikan tampilan untuk mempermudah melakukan proses interpretasi citra. Koreksi ini dilakukan pada citra Landsat 5 untuk tahun 2008, dan citra Landsat 8 untuk tahun 2013 dan 2018.

- *Cropping Citra*

Cropping citra merupakan suatu kegiatan untuk memotong citra dengan tujuan untuk menyesuaikan wilayah studi yang digunakan dalam penelitian. Proses cropping harus dilakukan dengan ukuran pixel yang sama. *Cropping* citra yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan data vektor Kabupaten Kendal.

b. Identifikasi Penutup Lahan

Pada tahap ini peneliti mulai melakukan analisa lebih mendalam dengan kemampuan interpretasi serta dapat membuktikan hasil identifikasi dengan fakta yang ada di lapangan sehingga dapat menunjukkan nilai keakuratan penelitian. Proses yang dilakukan pada tahap ini dapat dilihat melalui diagram kerja pada Gambar 1.6 di bawah ini.



Sumber: Hasil Analisa, 2019

Gambar 1.6 Diagram Kerja Identifikasi Penutup Lahan

- Interpretasi Citra

Kegiatan mengidentifikasi penutup lahan dilakukan dengan melakukan kegiatan interpretasi citra. Kegiatan interpretasi citra didukung dengan pedoman Pemantauan Penutupan Lahan Indonesia oleh Dirjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan KLHK tahun 2015. Pedoman ini menampilkan bahwa dalam melakukan interpretasi terdapat pembagian klasifikasi kelas penutupan lahan agar kegiatan interpretasi dapat menghasilkan informasi yang benar. Interpretasi penutupan lahan biasanya dilakukan pada citra resolusi menengah atau sedang untuk menampilkan informasi. Interpretasi citra ini menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised clasification*). Klasifikasi terbimbing dilakukan pertama kali dengan menetapkan beberapa *training area* (daerah contoh) pada citra untuk menentukan penciri suatu kelas. Klasifikasi terbimbing digunakan untuk menghasilkan informasi keruangan tutupan lahan. Metode yang digunakan dalam klasifikasi terbimbing yaitu metode *Maximum Likelihood*. Hasil yang diberikan dengan menggunakan metode tersebut memperlihatkan bahwa metode klasifikasi ini merupakan metode konvensional yang akurat jika dibandingkan dengan metode lainnya.

Hasil dari kegiatan interpretasi citra ini adalah peta tutupan lahan tentativ yang kemudian akan dilakukan proses uji akurasi atau uji ketelitian di lapangan untuk menghasilkan hasil yang lebih akurat.

- Uji Akurasi

Akurasi merupakan perbandingan antara data hasil klasifikasi dengan kondisi lapangan. Uji ketelitian interpretasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu yang disarankan oleh Short (1982) dalam Purwadhi (2001) yaitu dengan melakukan pengecekan

dengan data lapangan (ground truth). *Ground truth* adalah proses untuk mengumpulkan data di lapangan yang baik guna melengkapi data penginderaan jauh yang dikumpulkan oleh foto udara, satelit radar sidescan, atau gambar inframerah. Dari data ini, dapat diidentifikasi tutupan lahan atau tutupan lahan dan melakukan perbandingan dengan apa yang ada pada citra.

Uji lapangan dilakukan terhadap obyeknya saja, terutama pada jenis obyek dan jumlah obyek yang mengalami perubahan atau perbaharuan. *Ground truth* bisa merujuk pada proses membandingkan piksel pada citra satelit dengan keadaan sebenarnya di lapangan untuk melakukan verifikasi isi piksel pada gambar. *Ground truth* dilakukan untuk membantu menentukan ketepatan klasifikasi yang telah dilakukan dari perangkat lunak penginderaan jauh dan meminimalisasi kesalahan dalam klasifikasi.

Pengecekan lapangan dilakukan di beberapa titik yang dipilih berdasarkan prinsip keraguan terhadap hasil interpretasi yang sebelumnya dianalisa oleh aplikasi. Uji akurasi ini dilakukan sebagai sampel area dari setiap bentuk penutup/tutupan lahan. Uji ketelitian pada setiap area sampel penutup/tutupan lahan yang homogen. Pelaksanaannya pada setiap bentuk penutup/tutupan lahan diambil beberapa sampel area didasarkan homogenitas kenampakannya dan diuji kebenarannya (survei lapangan). Rencana titik sampel untuk uji ketelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1.3 Rencana Uji Akurasi Hasil Interpretasi Tutupan Lahan

| Kelas Tutupan Lahan | Jumlah Sampel | Koordinat | Hasil Pengecekan | Keterangan |
|---------------------------|---------------|-----------|---------------------|---------------------|
| Hutan Lahan Kering Primer | n sampel | (x,y) | Sesuai/Tidak Sesuai | Bukti (Gambar&teks) |
| Sawah | n sampel | (x,y) | Sesuai/Tidak Sesuai | Bukti (Gambar&teks) |
| Permukiman | n sampel | (x,y) | Sesuai/Tidak Sesuai | Bukti (Gambar&teks) |
| Perkebunan | n sampel | (x,y) | Sesuai/Tidak Sesuai | Bukti (Gambar&teks) |
| Semak Belukar | n sampel | (x,y) | Sesuai/Tidak Sesuai | Bukti (Gambar&teks) |

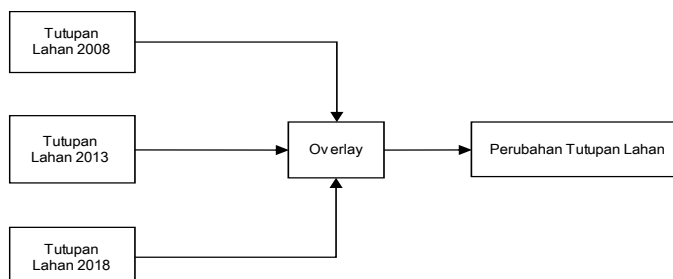
Sumber: Hasil Analisa, 2019

Uji akurasi yang dilakukan dalam penelitian ini memiliki target untuk mencapai angka benar 80%. Kebenaran 80% tersebut dapat diilustrasikan ketika jumlah seluruh titik yang akan diobservasi sebanyak 100 titik, maka hasil yang didapatkan harus 80 titik yang sesuai. Sehingga hasil akhir dari uji akurasi didapatkan dari hasil perhitungan yang menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Tingkat kebenaran interpretasi (\%)} = \frac{\sum \text{titik yang sesuai}}{\sum \text{titik yang diobservasi}} \times 100\%$$

c. Analisa Perubahan Tutupan Lahan

Pada tahap ini sangat diperlukan data hasil interpretasi tutupan lahan pada tahun yang ditentukan agar dapat diketahui perubahan tutupan lahan yang dihasilkan. Proses analisa perubahan tutupan lahan pada periode tahun yang ditentukan dapat dilihat melalui diagram kerja pada Gambar 1.7 di bawah ini.



Sumber: Hasil Analisa, 2019

Gambar 1.7 Diagram Kerja Analisa Perubahan Tutupan Lahan

Pada tahap ini, hasil kegiatan identifikasi penutup lahan yang telah dilakukan uji akurasi akan menghasilkan peta tutupan lahan pada tahun 2008, 2013 dan 2018. Langkah selanjutnya adalah menganalisa perubahan tutupan lahannya dengan melakukan teknik tumpang tindih atau overlay pada citra sehingga diketahui hasil perubahan yang terjadi. Teknik overlay dilakukan ketika hasil identifikasi penutup lahan yang dilakukan uji ketelitian telah memiliki hasil akhir berupa tutupan lahan tahun 2008; 2013 dan 2018. Teknik overlay merupakan teknik tumpang tindih dengan proses integrasi data dari lapisan-lapisan layer yang berbeda . Layer yang dimaksud dapat berupa data vektor ataupun data raster. Sehingga untuk dapat melakukan teknik overlay, dibutuhkan lebih dari satu layer yang akan ditumpang tindih agar mendapat hasil yang dapat dianalisa secara visual. Teknik overlay dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui hasil perubahan tutupan lahan selama lima tahun antara citra Landsat 5 tahun 2008 dan citra Landsat 8 tahun 2013, kemudian perubahan tutupan lahan selama lima tahun berikutnya yaitu citra Landsat 8 tahun 2013 dan tahun 2018. Analisa perubahan tutupan lahan ini dapat diilustrasikan dengan menggunakan matriks sebagai berikut :

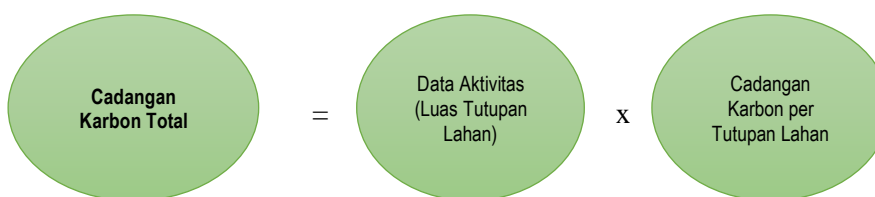
Tabel 1.4 Ilustrasi Matriks Perubahan Tutupan Lahan

| | | Tahun 2018 | | | | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|-------|------------|------------|---------------|------------|
| | | Hutan Lahan Kering Primer | Sawah | Permukiman | Perkebunan | Semak Belukar | Total |
| Tahun 2008 | Hutan Lahan Kering Primer | | | | | | Luas |
| | Sawah | | | | | | Luas |
| | Permukiman | | | | | | Luas |
| | Perkebunan | | | | | | Luas |
| | Semak Belukar | | | | | | Luas |
| | Total | Luas | Luas | Luas | Luas | Luas | Luas Total |

Sumber: Hasil Analisa, 2019

d. Analisa Cadangan Karbon

Perhitungan cadangan karbon dilakukan dengan menggunakan data aktivitas dalam penelitian. Data aktivitas adalah data tentang besaran kuantitatif kegiatan atau aktivitas manusia yang dapat melepaskan dan/atau menyerap gas rumah kaca (GRK) pada periode waktu tertentu. Data ini menginformasikan kondisi penutupan lahan yang umumnya diperoleh melalui data citra satelit. Data aktivitas digunakan untuk mengestimasi besarnya nilai karbon suatu wilayah (region) (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015). Data aktivitas yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data spasial perubahan tutupan lahan Kabupaten Kendal dalam periode tahun 2008; 2013 dan 2018. Perhitungan cadangan karbon akan dilakukan dengan luas setiap tipe tutupan lahan dikalikan dengan angka cadangan karbonnya, kemudian dijumlah total cadangan karbon per tahun. Secara umum, cadangan karbon dapat diperhitungkan dengan rumus dibawah ini, atau secara ilustrasi dapat dilihat di bawah ini.



Sumber: (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015)

dimana ketentuan cadangan karbon menggunakan ketentuan Pedoman Teknis Penghitungan Baseline Emisi Dan Serapan Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Lahan pada Tabel 1.6 di bawah ini. Analisa perubahan cadangan karbon juga dapat dilihat berdasarkan ilustrasi pada Tabel 1.5. dibawah ini

Tabel 1.5 Ilustrasi Analisa Estimasi Cadangan Karbon

| Data Aktivitas (DA) | | Cadangan Karbon (Ton C/Ha) | Total (Ton C) |
|---------------------------|-----------|-------------------------------|---------------|
| Tutupan Lahan | Luas (ha) | | |
| Hutan Lahan Kering Primer | 24.900 | 195 | 4855500 |
| Sawah | 22.672 | 2 | 45344 |
| Permukiman | 32.235 | 4 | 128940 |
| Perkebunan | 9.565 | 63 | 602595 |
| Semak Belukar | 10.801 | 30 | 324030 |

Sumber: Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015

Tabel 1.6 Cadangan Karbon Tiap Tutupan Lahan

| No | Tutupan Lahan | Cadangan C (ton C/ha) | Referensi |
|----|-------------------------------|--------------------------|--|
| 1 | Hutan Lahan Kering Primer | 195 | World Agroforestry Centre (2011); Prasetyo et al. (2000); Laumonier et al. (2010); IPCC (2006) for Tropical rainforest; Harja et al. (2011) dengan nilai cadangan karbon berturut-turut 300, 252, 180, 150, 121 dan 93 t/ha |
| 2 | Hutan Lahan Kering Sekunder | 169 | World Agroforestry Centre (2011) untuk hutan sekunder berkepadatan tinggi; Rahayu et al. (2005); IPCC (2006) for tropical Asia; Saatchi et al. (2011); World Agroforestry Centre (2011) untuk hutan berkepadatan rendah, Harja et al. (2011) dengan nilai berturut-turut 250, 203, 180, 158, 150 dan 74 t/ha |
| 3 | Hutan Mangrove Primer | 170 | Komiyama et al. (2008) |
| 4 | Hutan Rawa Primer | 196 | MoF (2008), IFCA |
| 5 | Hutan tanaman | 54 | World Agroforestry Centre (2011) tanah mineral 70 t/ha, tanah gambut 60 t/ha |
| 6 | Semak Belukar | 30 | IPCC (2006); Istomo et al. (2006); Jepsen (2006); World Agroforestry Centre (2011) berturut-turut 35, 30, 20 dan 27 t/ha. |
| 7 | Perkebunan | 63 | Palm et al. (1999) perkebunan karet (89 t/ha); Rogi (2002) kelapa sawit (60t/ha); van Noordwijk (2010) kelapa sawit (40 t/ha) |
| 8 | Permukiman | 4 | World Agroforestry Centre (2011) |
| 9 | Tanah Terbuka | 2,5 | Asumsi |
| 10 | Padang rumput | 4 | Rahayu et al. (2005) |
| 11 | Hutan Mangrove Sekunder | 120 | Komiyama et al. (2008) |
| 12 | Hutan Rawa Sekunder | 155 | MoF (2008) |
| 13 | Belukar Rawa | 30 | Diasumsi sama dengan belukar di lahan kering |
| 14 | Pertanian Lahan Kering | 10 | Hashimoto et al. (2000), Murdiyarso and Wasrin (1996); World Agroforestry Centre (2011) berturut-turut 12,5; 10 dan 8 t/ha |
| 15 | Pertanian Lahan Kering Campur | 30 | Rahayu et al. (2005) (agroforestry) |
| 16 | Sawah | 2 | Palm et al. (1999) |
| 17 | Tambak | 0 | Asumsi |
| 18 | Bandara/Pelabuhan | 0 | Asumsi |
| 19 | Transmigrasi | 10 | BAPPENAS (2010), diasumsi bahwa sepertiga areal dialokasikan untuk pertanian campuran |
| 20 | Pertambangan | 0 | Asumsi |
| 21 | Rawa | 0 | Asumsi |

Sumber: (Agus dkk., 2014 dalam Buku Pedoman Teknis Penghitungan Baseline Emisi Dan Serapan Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Lahan)

f. Analisa Perubahan Cadangan Karbon

Analisa perubahan cadangan karbon dalam suatu biomassa yang berubah akibat perubahan tutupan lahan dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan atau metode *Stock Difference*. Metode *stock-difference* merupakan metode untuk menghitung stok karbon yang didasarkan pada *stock-based approach*, yaitu estimasi stok karbon pada setiap penyimpanan karbon (tutupan lahan) dengan mengukur stok aktual biomassa pada periode awal dan akhir penghitungan (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015). Untuk mengetahui perubahan cadangan karbon dapat diperhitungkan dengan metode *stock-difference* menggunakan persamaan sebagai berikut untuk perhitungan perubahan cadangan karbon pada periode waktu yang digunakan :

$$\Delta C = (C_{t2} - C_{t1}) / (t_2 - t_1)$$

Sumber: Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015

Keterangan :

ΔC = perubahan stok karbon tahunan pada setiap penyimpanan karbon (tC/tahun)

C_{t1} = stok karbon setiap penyimpanan karbon di awal (tC)

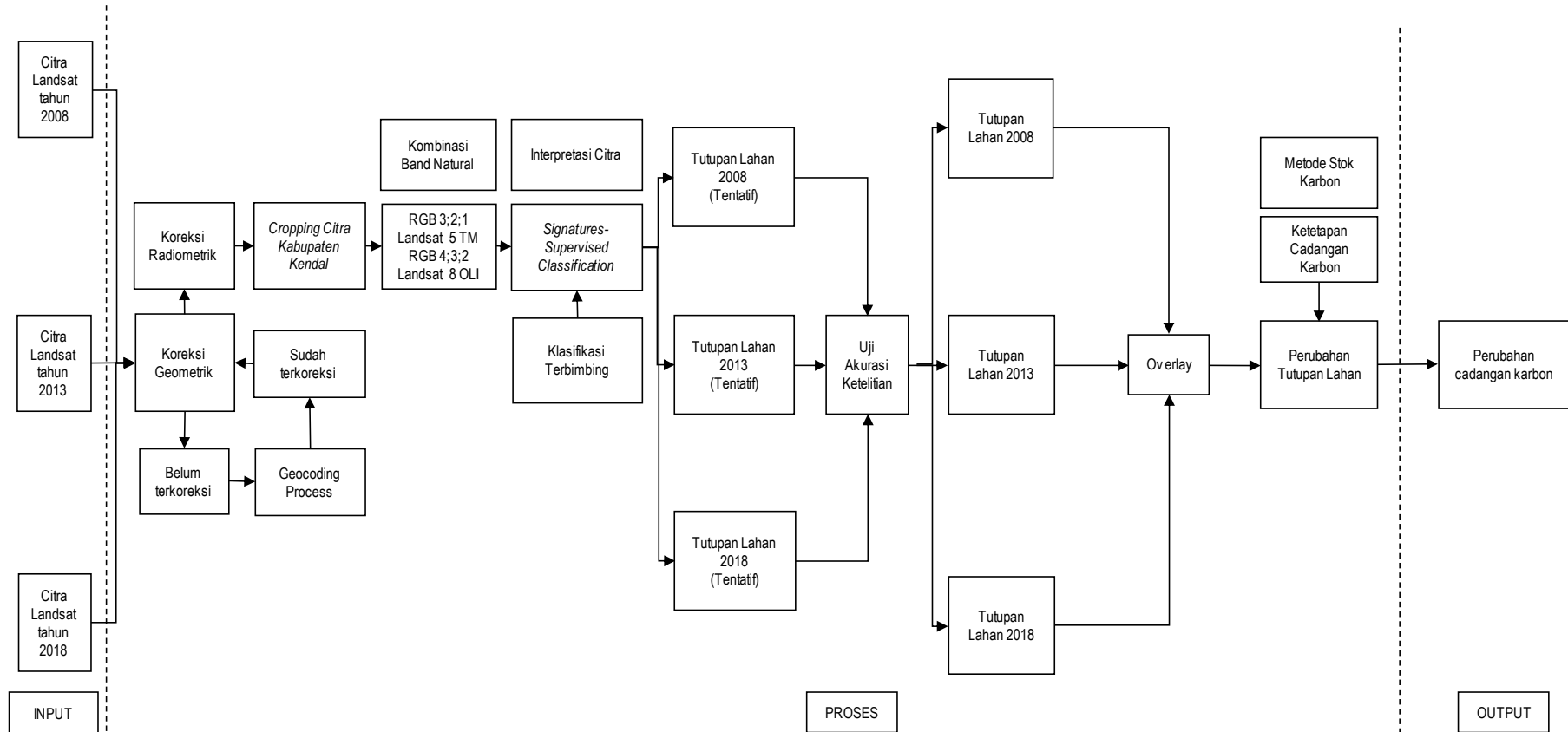
C_{t2} = stok karbon setiap penyimpanan karbon di akhir (tC)

t_1 = tahun awal penyimpanan karbon

t_2 = tahun akhir penyimpanan karbon

Lahan yang tutupan lahannya tidak berubah dalam periode waktu tertentu, diasumsikan tidak mengalami emisi (emisi nol) dan lahan yang mengalami perubahan tutupan mengalami emisi karbon sejumlah karbon yang dikandung oleh tutupan lahan awal dikurangi dengan cadangan karbon tutupan lahan berikutnya (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015).

Teknik-teknik analisis yang digunakan untuk penelitian tersebut terangkum dalam sebuah kerangka analisis yang dapat dilihat di bawah ini.



Sumber: Hasil Analisa, 2019

Gambar 1.8 Diagram Penelitian

1.8 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dibuat dengan mempertimbangkan hal-hal yang dapat bermanfaat bagi para penuntut dan pengembangan ilmu pengetahuan, bagi para pengambil keputusan, khususnya pemerintah Kabupaten Kendal, institusi terkait kajian terhadap perubahan iklim, serta bagi masyarakat agar dapat berkontribusi terhadap upaya pencegahan dan penurunan efek gas rumah kaca. Manfaat yang dapat dijabarkan adalah sebagai berikut :

- a. Pemerintah Kabupaten Kendal, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam perumusan arah perkembangan wilayah berdasarkan perubahan tutupan lahan yang terus meningkat.
- b. Institusi atau Komunitas terkait kajian perubahan iklim, sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan tindakan penting seperti mitigasi perubahan iklim berdasarkan hasil penelitian tingkat emisi yang dihasilkan karena adanya perubahan tutupan lahan.
- c. Masyarakat, sebagai masukan bagi masyarakat dengan mengetahui pentingnya dampak yang ditimbulkan akibat perubahan tutupan lahan terhadap cadangan karbon sehingga masyarakat dapat berkontribusi dalam bertindak terhadap lingkungan agar terjaga keseimbangan ekosistem lingkungan.

1.9 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan dari penelitian ini terdiri dari lima bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, perumusan masalah penelitian, tujuan dan sasaran penelitian, ruang lingkup penelitian yang meliputi ruang lingkup wilayah dan ruang lingkup materi, keaslian penelitian, kerangka pemikiran, metodologi penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN LITERATUR ESTIMASI BERKURANGNYA CADANGAN KARBON AKIBAT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN

Bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka yang berkaitan dengan penelitian terkait perkembangan kota dan perubahan lahan, emisi gas rumah kaca, tutupan lahan, pendugaan cadangan karbon akibat emisi dan perubahan tutupan lahan, serta pemanfaatan teknologi penginderaan jauh yang kemudian akan membentuk suatu sintesa literatur.

BAB III GAMBARAN WILAYAH KABUPATEN KENDAL

Bab ini menjelaskan gambaran umum wilayah studi yang digunakan untuk melakukan penelitian yang menunjukkan profil wilayah seperti kondisi geografis, kondisi fisik alam, kondisi demografi dan penggunaan lahan secara umum di Kabupaten Kendal.

BAB IV KAJIAN ESTIMASI CADANGAN KARBON AKIBAT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI KABUPATEN KENDAL

Bab ini menjelaskan pembahasan secara detail mengenai interpretasi dan kategori tutupan lahan Kabupaten Kendal secara periodik, membahas tentang perubahan tutupan lahan yang berubah dari tutupan lahan satu menjadi tutupan lahan lainnya, perhitungan cadangan karbon akibat perubahan tutupan lahan di Kabupaten Kendal pada periode waktu tertentu.

BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang mengandung inti dari penelitian yang telah dilakukan guna mencapai tujuan-tujuan penelitian dan rekomendasi yang dapat diberikan dari hasil penelitian yang telah dilakukan baik kepada pembaca maupun beberapa pihak yang terkait.